

COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO Y AMBIENTAL DE ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS DE LA RED PÚBLICA DE CAMPINAS (BRASIL) Y LA PLATA (ARGENTINA). COMPARACIÓN AL APLICAR MEDIDAS DE OPTIMIZACIÓN EDILICIA

M. Melchiori¹, G. San Juan², C. Discoli².

Unidad de Investigación N° 2-Instituto de Estudios del Hábitat (UI2-IDEHAB) Facultad de Arquitectura y Urbanismo-
Universidad Nacional de La Plata (FAU-UNLP), calle 47 N°162 C.P. 1900-La Plata- Tel: 0221 4236589/90 e-mail:
melchiori_m@yahoo.com.ar

RESUMEN: Se expone la comparación de dos establecimientos educativos en Brasil y Argentina analizando los requerimientos de energía en iluminación y climatización y la optimización edilicia al aplicar medidas de mejoramiento edilicio. Como medida de optimización en iluminación, se analiza el aporte de la luz natural incidente y se plantea la sustitución de los artefactos tradicionales por otros de mayor eficiencia energética. En climatización se aplican medidas de optimización edilicia de acuerdo a la normativa vigente para uno y otro país. Para los dos casos, se aplican modelos de simulación numérica para el cálculo de las hipótesis de funcionamiento. Se expone la comparación de los resultados de la situación energética edilicia actual en kWh/año y la reducción de los mismos al implementar las medidas, deduciéndose ahorros en iluminación del 52% para el establecimiento de Campinas y 44 % para el de La Plata. Y para climatización un 17% y 22% respectivamente.

Palabras claves: Comportamiento energético en edificaciones, medidas de optimización edilicia, Sector Educación.

1-INTRODUCCIÓN

Una de las funciones del espacio construido es atender al bienestar del ser humano, de modo que este pueda desarrollar sus actividades con confort en todos los aspectos sensoriales. El mejoramiento de las condiciones térmicas y lumínicas en el ambiente construido debería ser una preocupación constante, tanto por parte de los proyectistas como de los usuarios de la edificación. (Kowaltowski et al, 2002). En este contexto, se pretende estudiar pautas edilicias que tiendan a satisfacer las necesidades de confort del ser humano en su relación con el entorno, de un modo más racional. Para esto, se consideran las variables intervinientes en una edificación desde el punto de vista de la demanda energética. En este caso se estudian precisamente, las relacionadas al confort térmico y de iluminación en la edificación.

Por otra parte, promover la implementación de medidas de optimización edilicia tendiendo a la “Eficiencia energética” se justifica por otras importantes razones: ya sea por la disminución del consumo de los recursos naturales, como son los combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas); o por su consecuente disminución en la producción de contaminantes en la atmósfera (concentración de gases efectos invernadero, tales como el CO₂ y el metano), que incrementan los riesgos del cambio global. Asimismo, además de la cuestión ambiental, es que, en general, ella es ventajosa en términos de retorno de la inversión. (Goldemberg, 2003). La edificación es responsable de casi la mitad de las emisiones de CO₂, dominando además la economía energética mundial. Los edificios utilizan una cantidad sustancial de energía en su etapa de construcción, pero su mayor impacto en el consumo se detecta en su etapa de operacionalización.

En cuanto a lo que respecta al sector educativo la escuela ha sido en Brasil, no sólo una fuente de enseñanza, sino que también se transformó en un polo de asistencia social. En estas condiciones, el edificio escolar abriga funciones variadas, muchas veces no contempladas en el programa arquitectónico original. Esa inadecuación tiene un enorme costo social, generando un gran discomfort al usuario, comprometiendo la salud y la disposición al realizar las actividades, además de aumentar los gastos con equipamientos mecánicos. La adopción de proyectos “padrón” para las edificaciones escolares han sido una de las causas de problema de confort ambiental. La padronización, muchas veces no tiene en cuenta situaciones locales específicas, conformando ambientes escolares desfavorables. (Labaki et al., 2001).

No es diferente la situación que se presenta en la Argentina, donde la actividad educativa conforma una red extensa dentro del territorio urbano que interactúa en el orden municipal, provincial y nacional. La construcción de escuelas fue tradicionalmente producto de planes masivos de intervención estatal. En éstos, la mecánica para la construcción de nuevos edificios en el territorio urbano siguió la adopción de prototipos padrón, que dejan de lado las cuestiones referentes al confort térmico y lumínico en el espacio educativo. (Hoses et al, 1999). Es visible que gran parte de la estructura edilicia de las redes de educación, ha evolucionado y se ha ampliado en función de necesidades coyunturales de espacios educativos, sin corresponderse con el contexto climático, poniéndose énfasis en una solución cuantitativa reduciendo el costo inicial de construcción, debido a la importante demanda edilicia y a las reducciones presupuestarias. En este contexto se han creado situaciones de desequilibrio en su habitabilidad (higrotérmica, lumínica, acústica), fundamentalmente en sus espacios interiores, registrándose infraconsumo o hiperconsumo, asociado a una situación de irracionalidad según los diferentes contextos socio-económicos. (San Juan et al, 1996).

¹ Becaria Doctoral tipo I, CONICET

² Investigador CONICET-FAU-UNLP, Miembro Coordinador de la Unidad N° 2 IDEHAB-FAU

En este trabajo se plantea realizar una comparación de la situación ergo-productiva y ambiental de dos establecimientos educativos de la ciudad de Campinas (Estado de San Pablo, Brasil) y La Plata (Provincia de Buenos Aires, Argentina). En este caso se estudian las variables referentes a iluminación y climatización. Se pretende analizar la aplicación de medidas correctivas en edificios educativos de nivel medio con el fin de optimizar el consumo energético.

Este artículo se enmarca en una Beca Doctoral tipo I del CONICET titulada “*Análisis del Impacto Ambiental a partir de la aplicación de medidas de mitigación del cambio climático en el sector público. Caso de aplicación: Red de establecimientos de salud y educación en el partido de La Plata*”, y es el resultado de lo desarrollado en el último cuatrimestre del año 2007, en el marco de una Beca de intercambio otorgada por la Fundación Memorial de América Latina, San Pablo, Brasil, (Coordinador de curso: Prof. Dr. José Goldemberg).

2- CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LAS DOS CIUDADES Y RECOMENDACIONES DE DISEÑO.

La ciudad de Campinas se encuentra en el Estado de San Pablo a 22° 48' de Latitud Sur, 47° 03' Longitud Oeste y a 640 msnm. Según la zonificación Bioclimática Brasileira (NBR, ABTN, 2002), Campinas se localiza en la zona 3. Las recomendaciones de diseño para esta zona son:

- En cuanto a aberturas, para ventilación se recomienda de tipo medio. El sombreado de las aberturas debe permitir sol durante el invierno.
- En cuanto al tipo de superficies externas, las paredes deben ser levemente reflectoras y la cubierta aislada.
- En cuanto a las estrategias de acondicionamiento térmico pasivo, se recomienda para verano ventilación cruzada; para invierno, calefacción solar y muros pesados (inercia térmica).

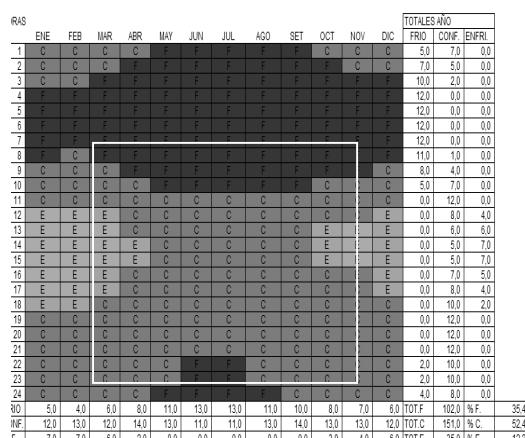
Se verifican temperaturas medias anuales de 16,8 °C, máximas anuales de 28 °C, y mínimas anuales de 22,5 °C. De acuerdo a estudios precisos en la ciudad, se puede decir que el verano (de noviembre a marzo) posee mayor duración que el invierno (junio a agosto), indicando el predominio de calor sobre frío durante el año. La amplitud térmica es mayor en los meses de invierno, teniendo su valor máximo en agosto con 13 °C, en consecuencia la humedad relativa es menor también en invierno (mínimo en agosto de 64,3%). En los meses de mayo a octubre, de acuerdo con Mahoney las noches son clasificadas como frías, así como los días confortables. (Chaval, 2000).

En cuanto a la ciudad de La Plata, la misma se localiza en el Noreste de la provincia de Buenos Aires a 35° latitud Sur, 57° 9' longitud Oeste y a 15 msnm. Según la NORMA IRAM 11603 (IRAM, 1996), se sitúa en la zona bioambiental IIIB Templada cálida húmeda, con 994 (GD¹⁸) anuales. Se caracteriza por tener temperaturas medias anuales de 16,3 °C, máximas anuales de 21,4 °C, y temperaturas mínimas anuales de 11,3 °C.

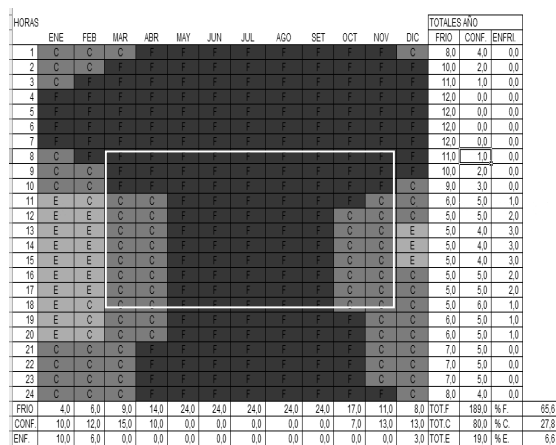
La orientación óptima para la zona de estudio es la NO-N-NE-E. Asimismo la NORMA exige para las localidades ubicadas al Norte de la latitud 47° Sur, un mínimo de dos horas de sol directo en el solsticio de invierno (23 de junio). Se observa que durante el periodo lectivo educativo, comprendido entre los meses de marzo y noviembre; y durante el período de uso considerado (de 8 a 18 hs, nivel de EGB simple escolaridad); las temperaturas mínimas oscilan entre los 15°C y 6,7°C, con máximas medias durante los meses de junio, julio y agosto, por debajo de la temperatura de Confort considerada (18°C). Durante estos meses se requiere, dependiendo de la calidad térmica del edificio, del incremento de temperatura mediante climatización adicional. Existe también un periodo de confort (entre 18° y 25°C) en los equinoccios de otoño y primavera y un período en los meses de marzo y diciembre con la necesidad de producir sombreado tanto en los espacios exteriores como al propio edificio. (San Juan, 2001).

Para el análisis de las necesidades de enfriamiento y calefacción dentro de las zonas estudiadas, se recurrió al software CEEMACACOFR.xls³, desarrollado por el Centro de Estudios Energía y Medio Ambiente-IAA-FAU-UNT. En la Fig.1 se muestran los resultados por hora y por mes de cada establecimiento. En el periodo de abril a septiembre, en la ciudad de La Plata, predomina la necesidad de calefacción en todo el día del periodo de invierno, mientras que en la ciudad de Campinas esa necesidad se restringe sólo a las primeras horas del día en todo el año, dada su gran amplitud térmica. El resto corresponde un gran porcentaje a la situación de confort y presenta meses críticos, con necesidad de enfriamiento, en los meses de marzo, abril, octubre y noviembre.

³CEEMACACOFR, programa para el cálculo de situación de confort, evaluación de necesidades de enfriamiento o calefacción y determinación de necesidades de sombra. “Pautas y estrategias para una Arquitectura Bioclimática” G. E. Gonzalo. Colaboración Viviana María Nota. Material auto-instruccional para uso exclusivo de los alumnos. Capítulo 12 “Pautas de diseño bioclimático” Pág. 227.



Ciudad de Campinas



Ciudad de La Plata

Figura 1 Se presentan las necesidades de calefacción (gris oscuro), Confort (gris intermedio) y refrigeración (gris claro) anuales para cada ciudad. El recuadro blanco, enmarca el periodo de uso del edificio educativo de acuerdo a la cantidad de meses en el año y horas en el día que es utilizado.

3-DESARROLLO COMPARATIVO DE LOS CASOS DE ESTUDIO. SELECCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PROTOTIPOS.

Se detectaron para ambas localidades dentro del sector educación, tipologías representativas de un universo mayor. En Campinas, Graça distingue en su investigación siete modelos para la evaluación de los proyectos dentro de la ciudad (Graça, 2002). En su clasificación, la forma de la edificación escolar está estrechamente relacionada a la concepción funcional de la relación entre aula y espacio de circulación. En el caso de Argentina, se tomó un estudio realizado en la provincia de Buenos Aires donde se visualizan cinco tipos de edificios en el nivel de Educación Primaria (San Juan, et al. 2000). Los mismos toman variables de clasificación en función de su año de gestión, su composición constructiva y morfológica. (Fig. 2).

	Tipologia 1- Sala de aula formando um conjunto único em apenas um dos lados do corredor.
	Tipologia 2- Sala de aula formando um conjunto único nos dois lados do corredor.
	Tipologia 3- Sala de aula formando um conjunto duplo espaçadas por área descoberta.
	Tipologia 4- Sala de aula formando um conjunto duplo em "L" espaçadas por área descoberta.
	Tipologia 5- Sala de aula formando um conjunto único em formato "U" espaçadas por área descoberta.
	Tipologia 6- Sala de aula formando um conjunto único em formato "L" espaçadas por área descoberta.
	Tipologia 7- Sala de aula formando um conjunto duplo espaçadas por área coberta
Legenda	Espaço coberto Corredor Sala de aula

TIPO	TIPO	MODELO
	Bloque	Forma pura de planta libre Aulas sobre una cara Aulas sobre dos caras Aulas sobre cuatro cara
	Lineal con SUM	Lineal en galería Pasillo simple cruzja Calle cubierta
	Patio o Claustro	Aulas hacia el exterior Aulas hacia el interior Aulas en doble cruzja
	Compuesta o combinada	Tipos de agrupamientos aulicos, vinculados mediante circulación central interior
	Lineal simple cruzja	Pasillo simple cruzja

Figura 2 Esquema de clasificación tipológica según organización funcional de establecimientos escolares de la ciudad de Campinas (derecha), y La Plata (izquierda).

Para el caso de Campinas, se seleccionó la Escuela Municipal de Enseñanza Fundamental (EMEF) "Raul Pilla" (1968), correspondiendo a la tipología tipo 2 de acuerdo a la clasificación definida para esa ciudad. Está implantada en el sector sudeste de la ciudad de Campinas, sobre la Rua Promissao s/n- Jd. Flamboyant. Presenta cuatro turnos de funcionamiento, que en total suman 15 horas al día y 200 días de funcionamiento anuales. Posee 517 m² de superficie cubierta. Se estructura con un sector funcional compuesto por 6 aulas de 6 x 8 mts de dimensión, con una capacidad media de 30 alumnos cada una (288 m²); un aula especial (sala de video), de 34 m²; un área administrativa de 90 m²; un patio cubierto de 66 m² y un área de circulación de 77 m². Para el caso de La Plata, se tomó como caso de estudio la Escuela Primaria Básica (EPB) N° 22- Hipólito Irigoyen (1981), correspondiente a la clasificación "Lineal con SUM". Se emplaza en el extremo Sur del casco fundacional de la ciudad de La Plata, en el barrio "Altos de San Lorenzo", calles 76 y 23. Posee una ubicación en esquina Norte. Posee una matrícula de 368 alumnos. La cantidad de horas de uso por día es de 10. El calendario escolar es de 130 días hábiles, descontando el receso escolar y días feriados. La escuela tiene una superficie construida de 537 m². Posee siete aulas de 6 x 6,5 mts, cuya área total es de 273 m², un área administrativa de 39 m², un salón de usos múltiples (SUM) de 160 m² y un área de circulación de 65 m². En la figura 3 se muestran las características de los dos establecimientos.

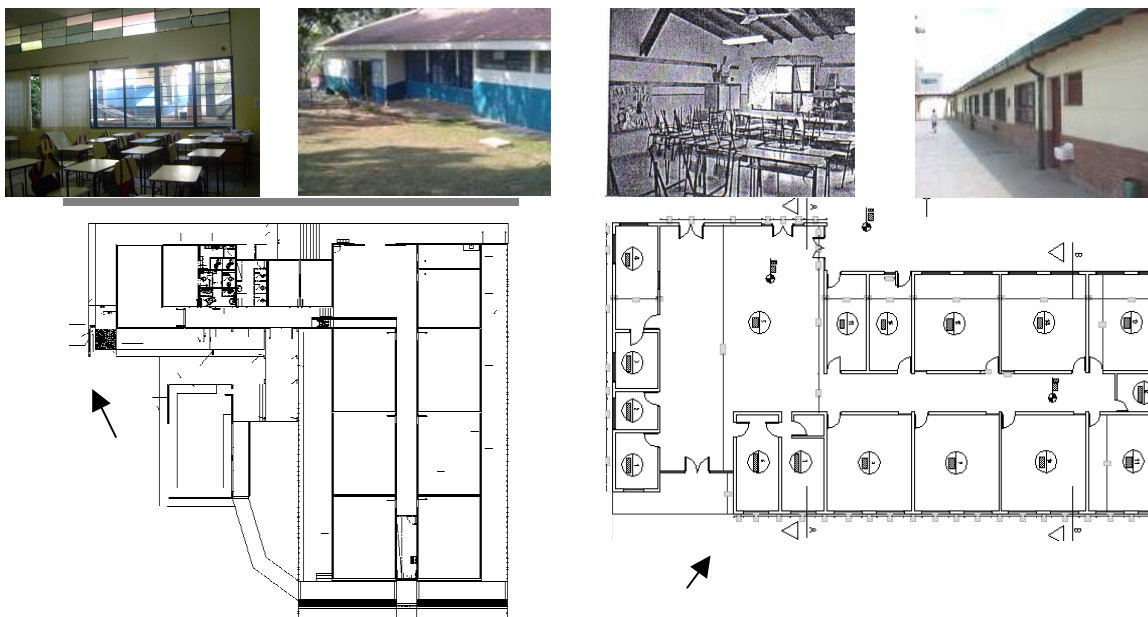


Figura 3- Muestra la EMEF R. Pilla de la ciudad de Campinas y la EPB N° 22 de la ciudad de La Plata

La tabla 1 detalla el sistema constructivo correspondiente a las tipologías adoptadas y el Coeficiente de Transmisión Térmica “K” correspondiente a cada parte de la envolvente. Los materiales detectados son de características tradicionales y representativas de la región. Para el caso del establecimiento de Campinas, los reflectores de los artefactos de iluminación relevados son de color blanco. Cada luminaria posee dos tubos fluorescentes de 40 W de potencia cada uno y un reactor de partida rápida de 23 W de potencia. En La Plata, los artefactos de iluminación de las aulas están compuestas por equipos con dos tubos fluorescentes de 40 W de potencia, el resto de las luminarias corresponde a dos tubos de 60 W de potencia cada uno. Los reactores son de partida rápida de 23 W de potencia.

	T1- CAMPINAS	T2- LA PLATA	Coeficiente “K” (W/ m²K)
Cubierta chapa, poliestireno expandido 20mm, cielorraso machihembrado		X	2,54
Cubierta teja, cámara de aire no vent. y cielorraso de losa H°A° 0,12m	X		2
Mampostería Bloque Cerámico 0.18m, revocada		X	1,84
Mampostería Bloque Hormigón 0.15, revocada	X		2,48
Carpintería metálica vidrio simple	X	X	5,8

Tabla. 1- Sistemas constructivos y coeficientes de transmitancia térmica correspondiente a cada tipología.

El análisis de los establecimientos se realizó desagregando cada tipología en módulos y/o áreas de iguales características (ya sea por su uso, morfología, sistema constructivo, etc). El análisis se realizó desagregado en aulas, administración, circulación y Salón de Usos Múltiples (SUM) o patio de acceso, de acuerdo a cada establecimiento.

4- COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO EN ILUMINACIÓN Y ADOPCIÓN DE MEDIDAS DE OPTIMIZACIÓN

Para la determinación del consumo actual en iluminación, se realizó de acuerdo al relevamiento de las luminarias y reactores en cada caso; en función de su potencia, rendimiento lumínico y Factor de Uso diario (FU). Los resultados se evaluaron en kWh/año, considerando los días hábiles anuales en la currícula educativa de cada región. Entre las medidas de eficiencia energética detectadas para optimizar las condiciones de iluminación en los dos establecimientos y reducir el consumo de energía se adoptaron:

- Medida Iluminación 1 (MI 1): Análisis de la sectorización de los circuitos y equipos en función de la luz natural incidente del exterior, verificando la intensidad lumínica real del área analizada. La situación lumínica detectada se comparó de acuerdo con los estándares mínimos de cada país⁴, adoptándose 500 lux para aulas y administración y 150 lux para circulación. La evaluación de iluminación natural se analizó a partir de un software (Relux professional 2007), el cual permite realizar el cálculo según día y hora. Este programa contempla la latitud y longitud del lugar en estudio, condición de cielo (claro/cubierto), dimensiones del ambiente, porcentajes de reflectancia de sus paredes interiores, aberturas, etc. Para este estudio, se consideró el día más desfavorable en un día próximo al solsticio de invierno (21 de junio), en los horarios 8 y 16 hs, 10 y 14 hs, y 12 h. La Fig. 4 muestra algunos resultados de los dos establecimientos.

⁴ Asociación Brasileira de Normas Técnicas, ABNT-NBR 5413, “Iluminância de Interiores”, 1992, para el caso de Brasil y Norma IRAM- AADL J20-06, Higiene y Seguridad en el Trabajo, para el caso de Argentina.

- **Medida Iluminación 2 (MI 2):** Sustitución de los aparatos lumínicos actuales por otros de mejor rendimiento. Las luminarias actuales de cada establecimiento (de 40 y 60 W de potencia), se sustituyeron por luminarias de 32 W de potencia. Por otra parte los reactores de partida rápida de 23 W se sustituyeron por reactores eléctricos que tienen consumos reducidos y algunas veces resultan consumos negativos por trabajar en alta frecuencia.

4.1 Resultados en iluminación.

La tabla 2 muestra los resultados obtenidos en iluminación por cada una de las áreas de los dos establecimientos en kWh/año. Se presenta el consumo actual y los ahorros, al aplicar las medidas MI 1 (Redistribución de circuitos eléctricos) y MI 2 (Sustitución de artefactos). Los gráficos de torta (Fig. 5), presentan la participación del ahorro por área de cada establecimiento en relación al ahorro total de cada establecimiento. Nótese que el área de aulas en los dos establecimientos, presenta un ahorro aproximado al 70% al aplicar las dos medidas en relación a las restantes áreas.

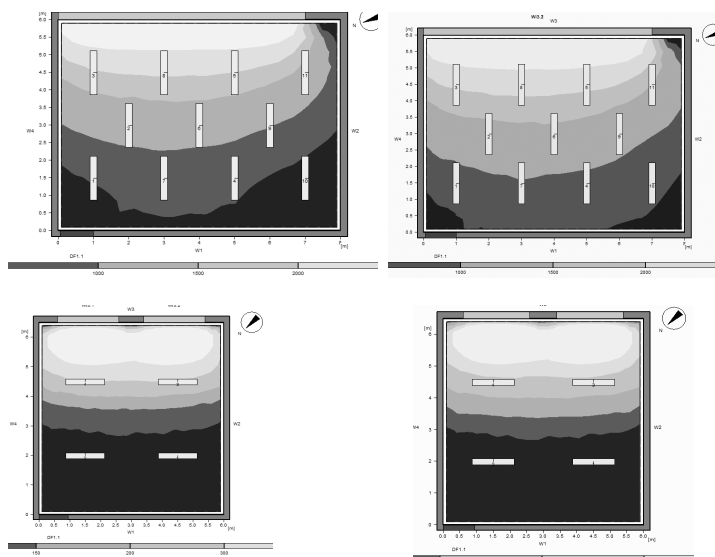


Figura 4- Salidas del programa Relux 2007 donde se visualizan los aportes de iluminación natural del módulo aula del establecimiento de Campinas (fila superior) y La Plata (fila inferior), en los horarios 8/16hs y 10/14hs respectivamente.

Consumo iluminación por área (kWh/año)	CAMPINAS							LA PLATA						
	Cons. actual	Cons. MI 1	Ahorro kWh/año MI 1	% Ah. MI 1	Cons. MI 2	Ahorro kWh/año MI 2	% Ah. MI 2	Cons. actual	Cons. MI 1	Ahorro kWh/año MI 1	% Ah. MI 1	Cons. MI 2	Ahorro kWh/año MI 2	% Ah. MI 2
Aula	21939	9702.6	12236.4	74	13632	8307	70	3749.2	2540.72	1208.48	63	2330	1420	57
Patio o SUM	2643	1421.4	1221.6	7	1728	915	8	947.7	743.6	204.1	11	458	490	20
Circulación	3399	2121.8	1277.2	8	2112	1287	11	527.8	317.98	209.82	11	250	278	11
Administr.	3537	1730.4	1806.6	11	2112	1425	12	365.3	61.75	303.55	16	83	282	11

Tabla 2 Consumos y ahorros en Iluminación en kWh/año por área de cada establecimiento.

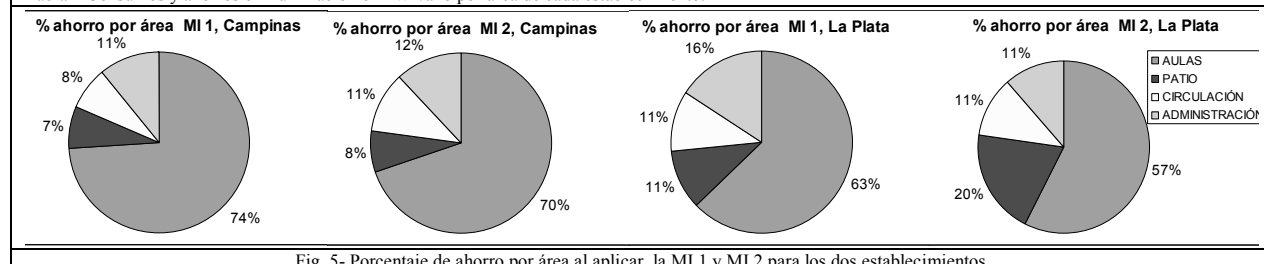


Fig. 5- Porcentaje de ahorro por área al aplicar la MI 1 y MI 2 para los dos establecimientos.

La tabla 3 y Fig. 6 presenta los consumos totales por establecimiento en iluminación en kWh/año. Se visualiza que la escuela de Campinas, presenta un consumo aproximadamente 5 veces mayor que la de La Plata (31518 kWh/año, en relación a 5590 kWh/año). Esto se deduce porque la primera presenta aulas de mayores dimensiones y una potencia instalada en iluminación significativamente mayor: 18.3W/m² en relación a 8.2 W/m² perteneciente al establecimiento de La Plata.

Consumo iluminación total por establecimiento (kWh/año)	Consumo actual	Consumo aplicando MI 1	kWh/año Ahorrados con MI 1	% Ahorro con MI 1	Consumo aplicando MI 2	kWh/año Ahorrados con MI 2	% Ahorro con MI 2
CAMPINAS	31518	14976.2	16541.8	52	19584	11934	38
LA PLATA	5590	3664.05	1925.95	34	3120	2470	44

Tabla 3- Consumos y ahorros en Iluminación en kWh/año totales de cada establecimiento.

Se deduce que la Medida de Iluminación 1 (redistribución de los circuitos) en el establecimiento de Campinas, es la mas conveniente de aplicar, ya que presenta un ahorro considerable (52%), en relación a la Medida de Iluminación 2 (Sustitución de artefactos actuales por mas eficientes), con un 38%.

Este resultado se infiere por el potencial de iluminación natural que existe en la región estudiada, asimismo por las características edilicias de la escuela, la cual presenta aberturas considerables en relación a las de La Plata. Para el caso de La Plata, contrariamente la MI 2 es la que presenta mayor ahorro energético, (un 44% en relación a un 34% correspondiente a la MI 1), por lo sería la más conveniente en lo concerniente a la toma de decisiones, si además consideramos que presenta mayor factibilidad de aplicación en edificios en estado de operacionalización.

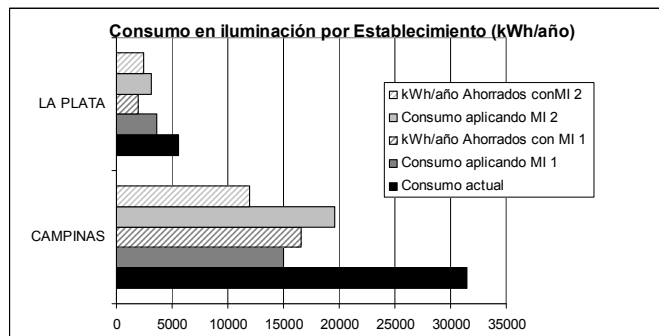


Figura 6-Gráfico de barras donde se verifican los consumos totales y las reducciones al aplicar las medidas en iluminación para los dos establecimientos (kWh/año)

5-COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO EN CLIMATIZACIÓN Y ADOPCIÓN DE MEDIDAS DE OPTIMIZACIÓN.

Según las características climáticas de cada región, se deduce que la ciudad de La Plata tiene predominancia de días fríos. En este caso se planteó determinar la carga térmica para climatización de acuerdo a un balance térmico estacionario de invierno. Para el análisis, se consideró los meses con necesidad de calefacción establecidos en el punto 2 del presente trabajo; los que corresponden a mayo, junio, julio, agosto y septiembre. La situación es diferente para Campinas, donde a pesar de que un gran porcentaje del año se encuentre bajo condiciones de confort, existe un predominio de necesidad de refrigeración para el periodo lectivo considerado. Por lo tanto, se recurrió a un balance térmico estacionario de verano, analizando los meses de marzo, abril, octubre y noviembre, según lo determinado en el punto mencionado.

Para La Plata se consideró 18° C de temperatura de confort interior en aulas y administración, según norma IRAM 11605, y 16°C para pasillo y SUM. Para Campinas se consideró 23°C de confort térmico interior en aulas y administración y 25°C para patio y circulación, según Norma ABNT, NBR 15220. Los resultados se midieron en kWh/año.

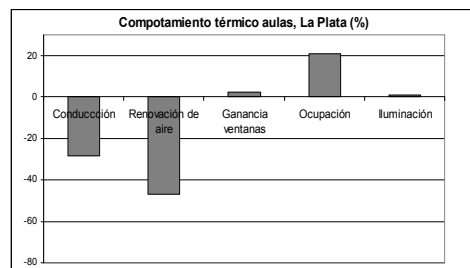
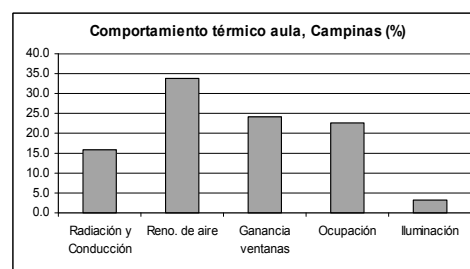


Figura 7- Resultado del comportamiento en climatización para el módulo aula en los dos establecimientos.

Cuando se analizan los resultados de los balances (Fig. 7), la escuela de Campinas presenta mayor ganancia térmica por renovaciones de aire, ganancia directa por ventanas y ocupación. En el caso del establecimiento en La Plata, las pérdidas térmicas más significativas se dan por renovaciones de aire y por el paso del flujo térmico al exterior a través de la envolvente edilicia (pérdidas por conducción). A raíz de los resultados obtenidos, para la determinación de las medidas de optimización se intervino de forma diferente para uno y otro caso:

- **Medida Climatización 1 (MC 1):** Para el establecimiento de Campinas se opta por la reducción de la incidencia de la Radiación solar en la envolvente edilicia. Por un lado se trata de minimizar la ganancia de radiación solar por ventanas, incorporando dispositivos de protección solar que reduzcan el ingreso de radiación directa mediante la incorporación de un parasol fijo (ventana en sombra). De este modo el Factor de Protección Solar actual (0,6), se reduce a 0,2. Por otra parte se reduce la absorptancia de los muros exteriores pintando de blanco la superficie de la edificación que actualmente presenta un color azul oscuro. Para el cálculo, el actual Factor de Absorptancia (0,6), se reduce a 0,2.
- **Medida Climatización 2 (MC 2):** Para el establecimiento de La Plata, se opta por mejorar la transmitancia térmica "K", aumentando la capacidad de aislación térmica de la cubierta de cada módulo. Se toma como parámetro lo dispuesto por la normativa IRAM 11605, nivel "B" para condición de invierno. La misma determina para la zona en cuestión, un "K" de 0,83 W/m²K para techos, a diferencia de la situación actual, donde el "K" es de 2,54 W/ m²K.

5.1 Resultados en climatización.

La Tabla 4 presenta los consumos y ahorros en kWh/año discriminado por área al aplicar la MC1 en el establecimiento de Campinas y la MC 2 en el de La Plata. La figura 8 presenta los porcentajes de ahorro de cada una de las áreas en relación al ahorro total para cada establecimiento. En los dos establecimientos nuevamente el área aulas presenta un mayor ahorro (69% para Campinas, es decir 10682 kWh/año ahorrados, y 58% para la Plata, 6452 kWh/año. Es de destacar que el SUM (o patio) en el establecimiento de la Plata, presenta un ahorro considerable (24%). Esto se debe a que este módulo presenta dimensiones considerables en relación a las demás dependencias, lo que significa un gran volumen de pérdidas energéticas, así como también mayor posibilidad de ahorro al aplicar la medida.

Consumo en climatización por área (kWh/año)	CAMPINAS				LA PLATA			
	Consumo actual	Consumo aplicando MC 1	kWh/año Ahorrados con MC 1	% Ahorro con MC 1	Consumo actual	Consumo aplicando MC 2	kWh/año Ahorrados con MC 2	% Ahorro con MC 2
Aulas	56961	46279	10682	69	23745	17293	6452	57
Patio o SUM	7698	6317	1381	9	18653	15909	2744	24
Circulación	10377	7244	3133	20	4306	3138	1168	10
Administración	15557	15241	316	2	4647	3788	859	8

Tabla 4.-Se muestran los consumos y ahorro por área en climatización por establecimiento en kWh/año.

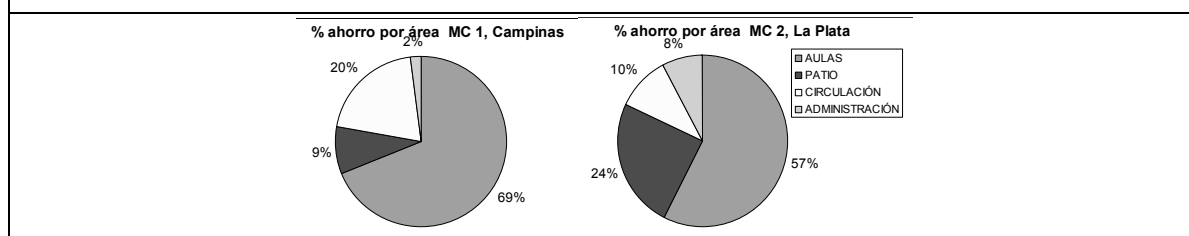


Fig. 8- Se muestran en gráficos de torta los ahorros por área en relación al ahorro total al aplicar la MC 1 y la MC 2.

La tabla 5 presenta las consumos totales por establecimiento en kWh/año, y los ahorros totales al aplicar las medidas. El establecimiento de Campinas, presenta una posibilidad de ahorro de 15512kWh/año, es decir un 17% con respecto al consumo actual. El de La Plata, presenta un ahorro de 11223kWh/año, correspondiente a un 22% con respecto al consumo actual. Es de destacar que cuando los consumos se analizan por volumen construido, el establecimiento de Campinas corresponde a 46kWh/volumen construido, y el establecimiento de La Plata, corresponde a 27 kWh/ volumen.

Consumo en climatización por establecimiento (kWh/año)	Consumo actual	Consumo aplicando medidas	kWh/año Ahorrados con medidas	% Ahorro con MC 1 y MC 2
CAMPINAS	90593	75081	15512	17
LA PLATA	51351	40128	11223	22

Tabla 5-Consumos totales por establecimiento en kWh/año y ahorros al aplicar MC1 y MC2 para climatización en los dos establecimientos.

6- CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos al analizar el consumo actual y la aplicación de las medidas de optimización, se concluye que tanto para iluminación como para climatización, la posibilidad de ahorro varía conforme al módulo edilicio analizado. Esto se refleja significativamente en un edificio educativo, donde el área aulas presenta las mayores posibilidades de ahorro en ambos establecimientos: un ahorro del orden del 70% para Campinas y 60% para La Plata. Es un dato importante a la hora de tomar decisiones al aplicar medidas sectorizadas en edificios educativos, si a la vez consideramos que la prioridad en el mejoramiento del confort lumínico y térmico es mayor en las aulas que en las demás dependencias del establecimiento

Por otro lado, se deduce que al analizar las dos regiones, la variable clima es un factor decisivo en los resultados. Cuando se analiza iluminación, la radiación exterior cumple un papel fundamental en el análisis del confort lumínico en Campinas, arrojando ahorros del 52% manteniendo los niveles de confort lumínico establecido por la Normativa. Es importante destacar este resultado ya que al realizar el relevamiento “in situ” en el establecimiento de Campinas, se detectó un sistema eléctrico donde los circuitos no presentaban independencia en su funcionamiento, por lo que las luminarias permanecían encendidas en la totalidad del funcionamiento diario (11hs diarias). Para La Plata, la sustitución de artefactos fue el que presentó mayor ahorro, por lo que es la más conveniente si pensamos como ya se mencionó, en la factibilidad en su aplicación. Se debe destacar el bajo nivel de iluminación natural detectado en el establecimiento de La Plata, donde las aulas presentaron casi un 70% de su superficie por debajo de las necesidades lumínicas dispuestas por la Norma. Dichos resultados se relacionan directamente con las características morfológicas-proyectuales del edificio, lo cual es de destacar la relevancia que tienen estos estudios para detectar dichas distorsiones y así constituir una herramienta que dé respuestas al diseño de futuras intervenciones en edificios educativos públicos.

En cuanto al impacto al medio ambiente, se realizaron hipótesis de emisiones para cada establecimiento. Para ello, se recurrió al análisis del consumo energético del sector Público y Comercial de los dos países. En Brasil la electricidad en este sector es del orden del 80 % para el año 2006 (BEN MME, 2006), el cual en su mayoría es utilizado tanto para iluminación como para climatización. En Argentina para este sector en el año 2005, el 55.2 % corresponde a electricidad y un 37.7% para Gas distribuido por redes (BEN SEN, 2005). Según antecedentes publicados en el medio científico para el sector educación en Argentina, en electricidad la iluminación corresponde el 62% y el 38% para otros usos; y para Gas natural la climatización corresponde el 60%, y cocción y agua caliente, el 40% (Yoder et al, 2003). Cuando analizamos la matriz de energía eléctrica en los dos países, en el año 2005, Brasil presentaba un 76.35% en generación hidroeléctrica y un 8% en térmica (BEN MME, 2006). En cuanto a la Argentina, los valores registrados en el 2003 correspondían a un 40% en hidroeléctrica y 51% en térmica. (FB, 2005). Estos datos se consideraron para calcular el porcentaje de energía consumida de cada establecimiento de acuerdo al tipo de generación correspondiente.

Para el cálculo de emisiones de combustibles fósiles, este se basó en coeficientes de conversión (Discoli, 1998), los cuáles estiman que para cada TEP de Fuel Oil se emiten 3050 Kgs de CO2 y para cada TEP de Gas natural, 2120 Kgs de CO2. Para la estimación de las emisiones de centrales hidroeléctricas, se adoptó lo analizado en embalses de represas hidroeléctricas

presentado en un informe de la COPPE (Pinguelli Rosa et. al., 2002), donde se realizaron muestras de emisiones de Dióxido de Carbono y Metano “in loco” con su consiguiente extrapolación de los resultados de los embalses estudiados.

De acuerdo a lo establecido, los resultados visualizan que para la escuela de Campinas, con un consumo total en iluminación y climatización de 122.111 kWh/año, se emiten 6.700 Kg/año de CO₂ y 450 Kg/año de Metano, mientras que para el establecimiento de La Plata, con un consumo total de 56.941 kWh/año (un 50% menor al consumo del establecimiento de Campinas), se emiten 11.200 Kg/año de CO₂, es decir un 40 % mayor en relación a lo emitido por el establecimiento de Campinas; y 100 Kg/año de Metano.

Por último, es de destacar que al analizar la unidad edilicia como representativa de un universo mayor, brinda la posibilidad, en un trabajo futuro, de contemplar el impacto causado por sus emisiones a escala de redes urbanas, utilizando la clasificación tipológica detectada para una y otra región. Esto además, brinda la posibilidad de analizar la disminución de ese impacto al aplicar las medidas de mitigación pertinentes en cada caso.

REFERENCIAS

- Balance Energético Nacional, Ministerio de Minas y Energía (2006), Gobierno Federal de Brasil.
http://www.mme.gov.br/site/menu/select/slect_main_menu_item.do?. Fecha de consulta: mes de agosto de 2008
- Balance Energético Nacional, Secretaría de Energía de la Nación (2005) Ministerio de Economía de la Nación, Argentina.
<http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2324>, Fecha de consulta: mes de agosto de 2008.
- Chaval, K. Labaki, L. Kowaltowski, D. (2000) “Estudo do clima de Campinas: A dificuldade de caracterização e proposição de recomendações de projeto para climas compostos.” VIII ENTAC2000, 26-28. p1-8.
- Discoli, C.A. (1998) “El diagnóstico de la gestión productiva-energético-ambiental de las redes territoriales del sector salud” Universidad Nacional de La Plata. Escuela de Altos estudios de Siena. Maestría en ambiente y patología ambiental
- Fundación Bariloche (2005) “Inventario nacional de la Republica Argentina, de fuentes de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero, no controlados por el Protocolo de Montreal”. Inventario correspondiente al año 2000 y revisión de los inventarios 1990, 1994 y 1997. Tomo II, pag.168. <http://www.fundacionbariloche.org.ar>
- Graça, V. (2002) “Optimização de projetos arquitetonicos considerando parâmetros de conforto ambiental: o caso das escolas de la red estadual de campinas” Tese de mestrado. Director: Profa Dra Doris C.C.K 46 Kowaltowski. . Universidad Estadual de Campinas. Faculdade de engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.
- Goldemberg, J. (2003) “Energia, meio ambiente e desenvolvimento”, EDUSP, ISBN 85-314-0452-5.
- IRAM 11603 (1996), “Acondicionamiento Térmico en Edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina”, Instituto Argentino Sobre Normalización, correspondiente a la Clase Nacional de Abastecimiento asignada por el Servicio Nacional de Catalogación dependiente del Ministerio de Defensa.
- Hoses, S., San Juan, G., Rosenfeld, E. (1999) “Estudio comparativo del funcionamiento energético de prototipos edilicios educacionales de la provincia de Buenos Aires”. AVERMA. Vol. 3. pp. 03-101.
- Kowaltowski, D.C.C.K., Pina, S.A., Labaki, L.C., Ruschel, R. C., Bertolli, S. R., Borges Filho, F., Fávero, E. (2002) “O conforto no ambiente escolar: elementos para las intervenções de melhoria” .IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Foz do Iguaçu. Anais do ENTAC 2002. Florianópolis, SC, v. 1. p. 173-182.
- Labaki, L. C., Bartholomei, C.L.B. (2001) “Avaliação do conforto térmico e luminoso de prédios escolares da rede pública, Campinas, SP” . - VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-americano sobre Conforto no Ambiente Construído, São Pedro, SP. Anais do ENCAC 2001. São Carlos.
- NBR-ABTN (2002)- “Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social”. ABNT/CB-02- Comitê Brasileiro de Construção Civil, CE-02:135.07 – Comissão de Estudo de Desempenho Térmico de Edificações. Thermal performance in buildings – Brazilian Bioclimatic Zones and Building Guidelines for Low-Cost Houses.
- Pinguelli Rosa, L., Matvienko Sisar, B., Dos Santos, M.A., Matvienko Sikar, E. (2002) “Emisiones de Dióxido de Carbono y de Metano por los embalses hidroeléctricos brasileños”. En *Primer inventario brasileño de emisiones antrópicas de Gases de Efecto Invernadero informes de referencia*. (COPPE/IVIG), Brasilia, Brasil.
- San Juan G., Rosenfeld E., Hoses S. (1996) “Evaluación del funcionamiento energético y habitabilidad higrotérmica de la red tipológica de edificios de educación de la provincia de Buenos Aires” Actas XIX Reunión de Trabajo de ASADES, V Encuentro IASEE-Argentina y III Seminario sobre Capa de Ozono y Radiación Solar. Buenos Aires, Argentina.
- San Juan, G.A (2001) “Implicancias ambientales de las variables estructurales correspondientes al parque edilicio de Educación” Tesis para optar al grado de Magister en Ambiente y Patología Ambiental. Director: Arq Olga Ravella. Universidad Nacional de La Plata. Universidad de Altos Estudios de Siena. Escuela de posgrado en Ambiente y Patología Ambiental. La Plata.
- San Juan G., Hoses S., Gonzalez D., Piñeyro J. (2000) “Evaluación energética e incidencia de mejoras tecnológicas en tipologías escolares bonaerenses” AVERMA, Vol. 4. pp. 05-83.
- Yoder A. (2003) “Iluminación eficiente de la biblioteca central de la cede Paseo Colón de la Facultad de Ingeniería de la UBA. AVERMA, Vol. 7 N° 1 pp. 07.37-1.2

ABSTRACT: This work exposes the comparison between educational buildings located in Campinas (Brazil) and La Plata (Argentina). Lighting and conditioning energy demands are analyzed, and their optimization when buildings improvements measures are applied. Regarding lighting, the contribution of incident daylight and the substitution of usual lamps for more efficient ones, are studied. As for conditioning, energy behavior is evaluated and measures are applied taking into account the regulations of each country. In both cases, numeric simulation models were used for the operation hypotheses calculation. We expose a comparison of the current building energy situation results in kWh/year and its reduction by the implementation of each measure in illumination; we infer a reduction of 59% in Campinas’s building and of 44% in La Plata’s building. For conditioning, we infer a 17% and 21% respectively.

Keys word: Energy behavior building, Optimization measures, Educational Sector.